



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

<ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ>

<Internet of Things (IoT)>

<ΦΩΤΙΟΣ ΣΟΛΛΑΤΟΣ>

A.M <5960>

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ , 30 ΙΟΥΝΙΟΥ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.1 <ΕΙΣΑΓΩΓΗ>.....	6
1.1< ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΟΡΟΥ INTERNET OF THINGS >	10
1.2<Άλλοι βασικοί ορισμοί>	11
1.2 <Ιστορική αναδρομή>.....	12
1.3 ΑΝΑΓΚΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΙΟΤ>	15
1.4 <ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΟΥ ΙΟΤ>.....	17
2.1<ΜΟΝΤΕΛΑ INTERNET OF THINGS>	21
2.2<ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ INTERNET OF THINGS>	29
2.3<ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΙΟΤ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ>	31
2.4<ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ INTERNET OF THINGS>.....	32
2.5<ΣΤΟΙΒΕΣ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΤΟΥ ΙΟΤ>.....	34
3.1<ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ INTERNET OF THINGS>.....	39
3.2<ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ INTERNET OF THINGS >	40
3.3<ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΟΥ INTERNET OF THINGS>.....	41

3.4<ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ>.....	43
------------------------	----

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

- **3G:** Third Generation
- **4G:** Fourth Generation
- **5G:** Fifth Generation
- **AMQP:** Advanced Message Queuing Protocol
- **BI:** Business Intelligence
- **CDMA:** Code Division Multiple Access
- **DSCP:** Distributed Stream Computing Platform
- **DTLS:** Datagram Transport Layer Security
- **ERP:** Enterprise Resource Planning
- **GPRS:** General Packet Radio Service
- **GSM:** Global System for Mobile Communications
- **HTTP:** Hypertext Transfer Protocol
- **IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers
- **IIC:** Industrial Internet Consortium
- **IIRA:** Industrial Internet Reference Architecture
- **IoT:** Internet of Things.
- **IoT-A:** Internet of Things-Architecture
- **IOTDB:** Internet of Things DataBase
- **IP:** Internet Protocol
- **IPv4:** Internet Protocol version 4
- **IPv6:** Internet Protocol version 6

- **ISM:** Industrial, Scientific and Medical radio bands
- **JSON:** JavaScript Object Notation
- **LAN:** Local Area Network
- **LsDL:** Lemonbeat smart Device Language
- **LTE:** Long Term Evolution
- **LWM2M:** Light Weight Machine-to-Machine protocol
- **M2M:** Machine-to-Machine
- **mDNS:** multicast Domain Name System
- **MIT:** Massachusetts Institute of Technology
- **MQTT:** Message Queue Telemetry Transport
- **NFC:** Near Field Communication
- **OSI:** Open Systems Interconnection
- **POS:** Point of Sale terminal
- **QUIC:** Quick UDP Internet Connections
- **RAMI 4.0:** Reference Architecture Model Industry
- **RDBMS:** Relational DataBase Management System
- **RF:** Radio Frequency
- **RFID:** Radio Frequency Identification
- **ROLL:** Routing Over Low power and Lossy networks
- **RPL:** Routing Protocol for Low power and Lossy Network
- **SSL:** Secure Sockets Layer
- **TCP:** Transmission Control Protocol
- **TDM:** Time-Division Multiplexing
- **TLS:** Transport Layer Security
- **TSMP:** Time Synchronized Mesh Protocol

- **TV:** TeleVision
- **UDP:** User Datagram Protocol
- **UHF:** Ultra High Frequency
- **UPnP:** Universal Plug and Play
- **USB:** Universal Serial Bus
- **UV:** Ultra Violet
- **WAN:** Wide Area Network
- **WMAN:** Wireless Metropolitan Area Networks
- **Wi-Fi:** 802.11 protocol
- **XML:** Extensible Markup Language
- **XMPP:** Extensible Messaging and Presence Protocol

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <INTERNET OF THINGS (IoT)>

1.1 <Εισαγωγή>

Υπάρχει μια απίστευτη γκάμα επιλογών συνδεσιμότητας για μηχανικούς πληροφορικής και προγραμματιστές εφαρμογών που εργάζονται σε προϊόντα και συστήματα σχετικά με το IoT. Ανάλογα με την εφαρμογή, παράγοντες όπως το εύρος, οι απαιτήσεις δεδομένων, οι απαιτήσεις ασφάλειας, ενέργειας και ζωής της μπαταρίας καθορίζουν την επιλογή μίας ή **κάποιας μορφής συνδυασμού τεχνολογιών**. Ακολουθούν μερικές από τις κυριότερες τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών που είναι ιδανικές για εφαρμογές του IoT και προσφέρονται στους προγραμματιστές:

1. **Bluetooth**: Μια σημαντική τεχνολογία μικρής εμβέλειας επικοινωνιών είναι το Bluetooth, το οποίο έχει γίνει πολύ σημαντικό για την πληροφορική και πολλές καταναλωτικές αγορές προϊόντων. Αναμένεται να είναι το κλειδί για φορητά προϊόντα που είναι ειδικά για σύνδεση με το **IoT** συνήθως με χρήση ενός smartphone.[16]
2. **ZigBee**: Το ZigBee, όπως και το Bluetooth, διαθέτει μια μεγάλη εγκατεστημένη βάση λειτουργίας αν και παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν περισσότερο για βιομηχανικές εφαρμογές. Τα ZigBee PRO και ZigBee Remote Control μεταξύ άλλων διαθέσιμων ZigBee προϊόντων, βασίζονται στο πρωτόκολλο 802.15.4 του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών- Institute of Electrical and Electronics Engineers (**IEEE**) το οποίο είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο ασύρματης δικτύωσης, που λειτουργεί στα 2.4 GHz και στοχεύει σε εφαρμογές που απαιτούν σχετικά σπάνιες ανταλλαγές δεδομένων με χαμηλές ροές σε μια περιορισμένη περιοχή και μέσα σε ένα εύρος 100 μέτρων, όπως π.χ. σε ένα σπίτι ή ένα κτίριο. [16]

3. **Z-Wave**: Το Z-Wave είναι μια Radio Frequency (RF) τεχνολογία επικοινωνιών χαμηλής ισχύος που έχει σχεδιαστεί κυρίως για αυτοματοποίηση λειτουργιών σε οικιακό περιβάλλον, δηλαδή για προϊόντα όπως π.χ. ελεγκτές φωτιστικών και αισθητήρες μεταξύ πολλών άλλων. Είναι βελτιστοποιημένο για αξιόπιστη και χαμηλής καθυστέρησης επικοινωνία μικρών πακέτων δεδομένων με ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων έως και τα 100 Kbit/s και λειτουργεί κάτω από την ζώνη του 1GHz που είναι αδιαπέραστη από άλλες ασύρματες τεχνολογίες που λειτουργούν στην ζώνη των 2.4 GHz. [16]
4. **6LowPAN**: Μια τεχνολογία βασισμένη στο IP πρωτόκολλο είναι το 6LowPan. Αντί να είναι ένα πρωτόκολλο εφαρμογής του IoT, όπως το Bluetooth και το ZigBee, το 6LowPAN είναι ένα πρωτόκολλο δικτύου που ορίζει μηχανισμούς ενθυλάκωσης και συμπίεσης κεφαλίδας, έχει ελευθερία επιλογής ζώνης συχνοτήτων και φυσικού επιπέδου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλαπλές επικοινωνιακές πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων των Ethernet, 802.11 και 802.15.4. [16]
5. **Thread**: Είναι ένα πολύ νέο πρωτόκολλο δικτύωσης βασισμένο στο πρωτόκολλο Internet Protocol version 6 (IPv6), που στοχεύει στην αυτοματοποίηση του οικιακού περιβάλλοντος. Βασίζεται στο 6LowPAN και όπως και το προηγούμενο δεν είναι ένα πρωτόκολλο εφαρμογής του IoT. Ωστόσο από την οπτική γωνία της εφαρμογής, έχει σχεδιαστεί κυρίως ως συμπλήρωμα του IEEE 802.11 καθώς αναγνωρίζει ότι το 802.11 είναι καλό για πολλές συσκευές των καταναλωτών που έχουν περιορισμούς χρήσης για αυτοματοποίηση οικιακού περιβάλλοντος. [16]
6. **802.11**: Η συνδεσιμότητα στο IEEE 802.11 είναι συχνά μια προφανής επιλογή για πολλούς προγραμματιστές, αν ειδικά ληφθεί υπόψη η διεισδυτικότητα του στο εσωτερικό περιβάλλον ενός σπιτιού μέσα από τοπικά δίκτυα. Προσφέρει γρήγορη μεταφορά δεδομένων και την ικανότητα διαχείρισης μεγάλης ποσότητας δεδομένων. [16]
7. **Cellular**: Κάθε IoT εφαρμογή, που απαιτεί λειτουργία πάνω από μεγαλύτερες αποστάσεις μπορεί να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες των κυψελοειδών

τηλεπικοινωνιών, όπως π.χ. των Global System for Mobile communications (**GSM**), της τρίτης-third Generation (**3G**), της τέταρτης-fourth Generation (**4G**) και πέμπτης-fifth Generation (**5G**) γενιάς δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Καθώς οι κυψελοειδείς τεχνολογίες είναι ικανές να στέλνουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, ειδικά οι 4G & 5G, το κόστος και η κατανάλωση ενέργειας θα είναι αυξημένα για πολλές εφαρμογές, αλλά μπορεί να είναι ιδανικά για εφαρμογές χαμηλού εύρους ζώνης που στέλνουν πολύ μικρές ποσότητες δεδομένων μέσω του Internet. [16]

8. **NFC**: Το Near Field Communication (**NFC**) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει εύκολη και ασφαλή αλληλεπίδραση μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών και ειδικά για smartphones, επιτρέποντας στους καταναλωτές να πραγματοποιούν ανέπαφες πληρωμές, να έχουν πρόσβαση σε ψηφιακό περιεχόμενο και να συνδέουν ηλεκτρονικές συσκευές μεταξύ τους. [16]
9. **Sigfox**: Μια εναλλακτική τεχνολογία ευρείας κλίμακας είναι το Sigfox, το οποίο από άποψη εμβέλειας είναι μεταξύ του 802.11 και των κυψελοειδών επικοινωνιών. Χρησιμοποιεί τις Industrial, Scientific και Medical (**ISM**) ζώνες συχνοτήτων, οι οποίες είναι ελεύθερες για χρήση χωρίς την ανάγκη για απόκτηση αδειών. [16]
10. **Neul**: Το Neul είναι παρόμοιας φιλοσοφίας με το Sigfox και λειτουργεί κάτω από την ζώνη συχνοτήτων του 1GHz. Το Neul αξιοποιεί πολύ μικρά κομμάτια του TeleVision (TV) φάσματος White Space για να παρέχει υψηλή κλιμάκωση, υψηλή κάλυψη, χαμηλή κατανάλωση και χαμηλού κόστους ασύρματα δίκτυα. Τα συστήματα βασίζονται στο Icen1 Chip, το οποίο επικοινωνεί χρησιμοποιώντας το White Space Radio για να αποκτά πρόσβαση στο υψηλής ποιότητας Ultra-High Frequency (**UHF**) φάσμα, το οποίο είναι διαθέσιμο λόγω της μετάβασης από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση. Αυτή η τεχνολογία ονομάζεται Weightless και είναι μια νέα τεχνολογία ευρείας εμβέλειας ασύρματης δικτύωσης σχεδιασμένη για το IoT που ανταγωνίζεται σε μεγάλο βαθμό τις υπάρχουσες General Packet Radio Service (**GPRS**), 3G, Code Division Multiple Access (**CDMA**) και Long Term Network (**LTE**) Wide Area Network (**WAN**) λύσεις. [16]

11. **LoRaWAN**: Παρόμοιο σε κάποια σημεία με το Sigfox και το Neul, στοχεύει σε WAN εφαρμογές και παρέχει χαμηλής κατανάλωσης WAN δίκτυα με χαρακτηριστικά ειδικά απαιτούμενα για την υποστήριξη ασφαλούς, αμφίδρομης και χαμηλού κόστους κινητή επικοινωνία σε IoT, Machine-to-Machine (**M2M**), βιομηχανικές και έξυπνων πόλεων εφαρμογές. [16]

1.2< Ορισμοί του όρου Internet of Things >

- Η επέκταση του υπάρχοντος διαδικτύου και η παροχή σύνδεσης, επικοινωνίας και διαδικτύωσης μεταξύ των συσκευών και των φυσικών αντικειμένων είναι μια αυξανόμενη τάση που συχνά αναφέρεται ως IoT-[1].
- Οι τεχνολογίες και οι λύσεις που επιτρέπουν την ενσωμάτωση πραγματικών παγκόσμιων δεδομένων και υπηρεσιών στις τρέχουσες τεχνολογίες διαδικτύωσης και πληροφόρησης συχνά περιγράφονται από τον όρο IoT-[1].
- Ο όρος IoT αναφέρεται στην διαδικτύωση φυσικών συσκευών, οχημάτων, κτιρίων και άλλων αντικειμένων με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικό, αισθητήρες, ενεργοποιητές (triggers) και σύνδεση διαδικτύου που επιτρέπει σε αυτά τα αντικείμενα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα-[2].
- Ο όρος IoT επινοήθηκε για να περιγράψει ένα πλήθος τεχνολογιών και ερευνητικών κλάδων που επιτρέπουν στο διαδίκτυο να προσεγγίσει τα φυσικά αντικείμενα του πραγματικού κόσμου-[3].

1.3<Άλλοι βασικοί ορισμοί>

- **Thing**: Είναι μια οντότητα ή φυσικό αντικείμενο που έχει ένα μοναδικό αναγνωριστικό, ένα ενσωματωμένο σύστημα και την ικανότητα να μεταφέρει δεδομένα-[17].
- **Node**: Κόμβος-συλλογή αντικειμένων που επικοινωνούν με τον έξω κόσμο. Έλεγχος και επικοινωνία των αντικειμένων και μεταφορά δεδομένων μέσω δικτύου-[17].
- **Gateway**: Είναι ένας κόμβος του δικτύου που ονομάζεται πύλη και συνδέει δύο ή περισσότερα δίκτυα που χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα. Οι Πύλες μπορούν να λάβουν διάφορες μορφές (δρομολογητές ή υπολογιστές) και μπορούν να εκτελέσουν μια ποικιλία εργασιών (φιλτράρισμα κυκλοφορίας, μεταφράσεις πρωτοκόλλου)-[17].
- **Big Data**: Πρόκειται για δεδομένα που έρχονται σε μεγάλες ποσότητες (όγκος), είναι ένα μίγμα δομημένων και αδόμητων πληροφοριών (ποικιλία), φθάνουν σε πραγματικό χρόνο (ταχύτητα) και μπορεί να είναι αβέβαιης προέλευσης (ειλικρίνεια). Οι πληροφορίες αυτές είναι ακατάλληλες για επεξεργασία με τη χρήση παραδοσιακών συστημάτων διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων SQL relational database management system (RDBMSs), που αποτελεί και έναν σημαντικό λόγο για την ανάπτυξη εναλλακτικών εργαλείων (Apache Hadoop) NoSQL βάσεων δεδομένων-[17].

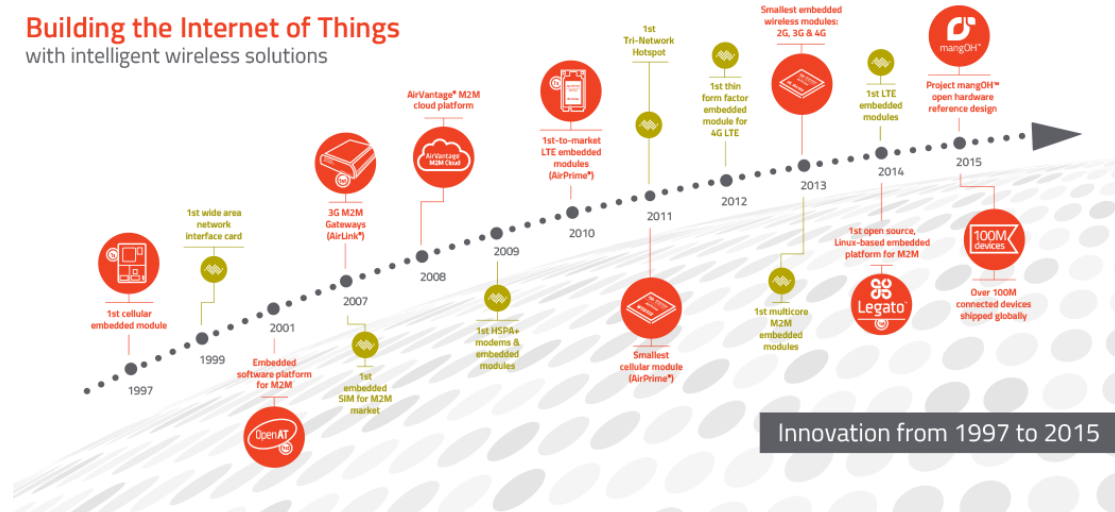
1.4<Ιστορική Αναδρομή>

- **1995.** Η Siemens δημιουργεί ένα ειδικό τμήμα στο εσωτερικό της επιχειρηματικής μονάδας κινητών τηλεφώνων της για να αναπτύξει και να εκκινήσει μια μονάδα GSM δεδομένων που ονομάζεται M1 για Machine-To-Machine (M2M) βιομηχανικές εφαρμογές, επιτρέποντας στις μηχανές να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ασύρματων δικτύων. Η 1^η μονάδα M1 χρησιμοποιήθηκε για Point Of Sale (POS) τερματικά σε οχήματα που κινούνται με χρήση τηλεματικής, απομακρυσμένη παρακολούθηση και εφαρμογές παρακολούθησης και εντοπισμού-[4].
- **1997.** Τα πανεπιστήμια Carnegie-Mellon, Massachusetts Institute of Technology (MIT), και Georgia Tech συνδιοργανώνουν το πρώτο IEEE διεθνές Symposium για Wearable υπολογιστές, στο Cambridge, MA-[5].
- **1999.** Το Auto-Identification (Auto-ID) (για αυτοματοποιημένη αναγνώριση) κέντρο εγκαθιδρύεται στο MIT. Οι Sanjay Sarma, David Brock και Kevin Ashton μετατρέπουν το Radio Frequency Identification (RFID) σε δικτυωμένη τεχνολογία συνδέοντας τα αντικείμενα στο Internet μέσω του RFID tag.
- **1999.** Ο Neil Gershenfeld γράφει στο βιβλίο « *When Things Start to Think*»: “Πέρα από την επιδίωξη να κάνουμε τους υπολογιστές πανταχού παρόντες, θα πρέπει να προσπαθήσουμε να τους κάνουμε διακριτικούς. Για την κάλυψη όλης της αύξησης του διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού, μια ακόμα μεγαλύτερη αλλαγή έρχεται ως ο αριθμός των αντικειμένων που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο. Η αληθινή υπόσχεση της σύνδεσης των υπολογιστών είναι η απελευθέρωση των ανθρώπων, μέσω της ενσωμάτωσης των μέσων για την επίλυση προβλημάτων στα πράγματα γύρω μας.”-[6].
- **2002.** Οι Chana Schoenberger και Bruce Urbin δημοσιεύουν το άρθρο "The Internet of Things" στο *Forbes*. Παραθέτουν την άποψη του Kevin Ashton του κέντρου του MIT Auto-ID: “Χρειαζόμαστε ένα διαδίκτυο για αντικείμενα , έναν τυποποιημένο τρόπο ώστε οι υπολογιστές να καταλαβαίνουν τα αντικείμενα.”-[7].

- **2002.** Ο Jim Waldo γράφει στο “Virtual Organizations, Pervasive Computing, and an Infrastructure for Networking at the Edge,” στο *Journal of Information Systems Frontiers*: “Το Internet μετατρέπεται στην επικοινωνιακή ίνα για να επικοινωνούν οι συσκευές με υπηρεσίες, οι οποίες με την σειρά τους επικοινωνούν με άλλες υπηρεσίες. Οι άνθρωποι γίνονται γρήγορα η μειονότητα στο διαδίκτυο και η πλειοψηφία είναι υπολογιστικές οντότητες χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.” [8].
- **2004.** Ο G. Lawton γράφει “Η M2M τεχνολογία ετοιμάζεται για την ανάπτυξη στους υπολογιστές: Υπάρχουν πολλές περισσότερες μηχανές, που ορίζονται ως αντικείμενα με μηχανικές, ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές ιδιότητες, στον κόσμο από ότι άνθρωποι. Ένας αυξανόμενος αριθμός μηχανών είναι δικτυωμένος. Η τεχνολογία M2M βασίζεται στην ιδέα ότι μια μηχανή έχει μεγαλύτερη αξία όταν είναι δικτυωμένη με άλλες και στο ότι ένα δίκτυο αποκτά μεγαλύτερη αξία όταν συνδέονται σε αυτό περισσότερες συσκευές.” [9].
- **2004.** Οι Neil Gershenfeld, Raffi Krikorian και Danny Cohen γράφουν στο “The Internet of Things” του *Scientific American*: “Δίνοντας καθημερινά τη δυνατότητα σε αντικείμενα να συνδέονται σε ένα δίκτυο δεδομένων θα έχουμε πολλαπλά οφέλη. Καθιστώντας ευκολότερη για τους ιδιοκτήτες σπιτιών την ρύθμιση των φωτιστικών και των διακοπών τους, μειώνοντας το κόστος και την πολυπλοκότητα της κατασκευής ενός κτιρίου, βοηθώντας με φροντίδα υγείας εντός σπιτιού. Πολλά εναλλακτικά πρότυπα ανταγωνίζονται επί του παρόντος για να κάνουν απλά αυτό, μια κατάσταση που θυμίζει τις πρώτες μέρες του Internet, όταν οι υπολογιστές και τα δίκτυα ερχόντουσαν σε πολλαπλούς και ασυμβίβαστους τύπους.” [10].
- **2005.** Η International Telecommunications Union δημοσιεύει την 7η από την σειρά των αναφορών της για το Internet, με τίτλο “The Internet of Things.” [11].
- **2009.** Ο Kevin Ashton γράφει στο άρθρο του “That ‘Internet of Things’ Thing” στο *RFID Journal*: “Μπορεί να κάνω λάθος, αλλά είμαι αρκετά σίγουρος ότι ο όρος Internet of Things άρχισε την ζωή του ως ο τίτλος μιας

παρουσίασης που έκανα στο Procter & Gamble το 1999. Η σύνδεση της νέας ιδέας του RFID στην εφοδιαστική αλυσίδα του P&G για το τότε καυτό θέμα του Internet ήταν παραπάνω από ένας καλός τρόπος για να τραβήξει την προσοχή. Συνόψισε μια σημαντική αντίληψη. Αυτή που 10 χρόνια μετά, αφού ο όρος Internet of Things έγινε ο τίτλος των πάντων από άρθρο στο Scientific American μέχρι το όνομα συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εξακολουθεί να είναι συχνά παρεξηγημένη” [12].

- Από τότε έχουν ακολουθήσει πολλά Internet of Things συνέδρια, άρθρα σε περιοδικά, επιστημονικές και ερευνητικές μελέτες.



Σχήμα 1.1: Σημαντικά ορόσημα του IoT από το 1997 έως το 2015 [18].

1.5<Ανάγκη δημιουργίας και σημασία του IoT>

Πολλοί θα εκπλαγούν όταν μάθουν πόσα αντικείμενα είναι συνδεδεμένα στο Internet και πόσα οικονομικά οφέλη μπορούν να αποκομίσουν από την ανάλυση των προκυπτουσών ροών δεδομένων. Παρακάτω παρατίθενται μερικά παραδείγματα του αντίκτυπου του Internet of Things για τις βιομηχανίες:

- Ευφυείς λύσεις μεταφοράς που επιταχύνουν τις ροές κυκλοφορίας, μειώνουν την κατανάλωση καυσίμου, δίνουν προτεραιότητα σε δρομολόγια οχημάτων συντήρησης και σώζουν ζωές.
- Έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα που συνδέουν πιο αποτελεσματικά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, βελτιώνουν την αξιοπιστία του συστήματος και χρεώνουν τους πελάτες με βάση τις μικρότερες αυξήσεις χρήσης.
- Αισθητήρες παρακολούθησης – διάγνωσης, που προβλέπουν θέματα συντήρησης και θέτουν προτεραιότητα σε προγράμματα συντήρησης εξοπλισμού και άλλων περιφερειακών αναγκών.
- Συστήματα βασισμένα σε δεδομένα που κατασκευάζονται μέσα σε έξυπνες πόλεις, καθιστώντας ευκολότερο για τους δήμους να διαχειρίζονται τα απόβλητα της πόλης, να επιβάλουν τον νόμο και να εφαρμόζουν άλλα προγράμματα πιο αποδοτικά.

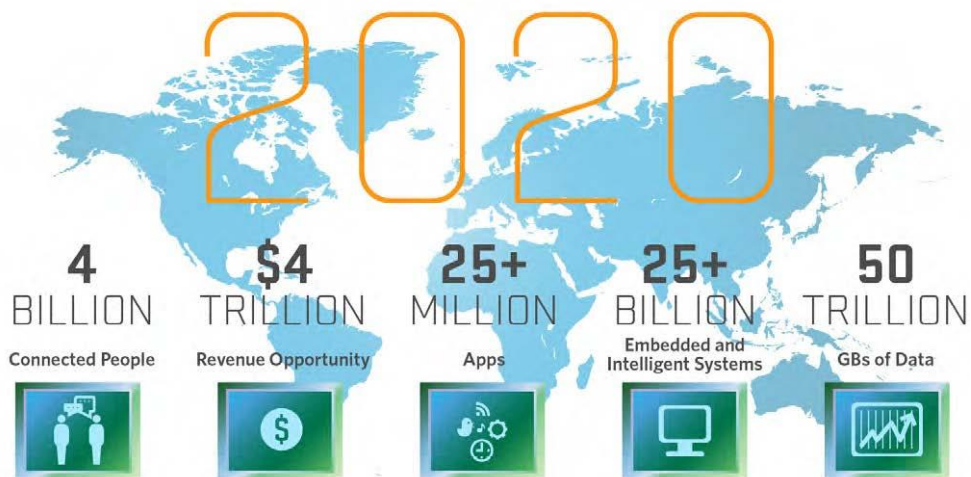
Διασυνδεδεμένες συσκευές, που παίρνουν το δρόμο τους από τις επιχειρήσεις και την βιομηχανία προς την αγορά. Ακολουθούν οι παρακάτω 2 πιθανότητες:

- Έστω ότι κάποιος έχει ξεμείνει από γάλα. Όταν είναι στον δρόμο από την δουλειά προς το σπίτι του, λαμβάνει μια ειδοποίηση από το ψυγείο του, που του υπενθυμίζει να σταματήσει σε ένα κατάστημα για να αγοράσει γάλα.
- Το σύστημα ασφαλείας του σπιτιού του, επιτρέπει ήδη να ελέγχει από απόσταση τις κλειδαριές και τους θερμοστάτες του, να μπορεί να κατεβάσει την θερμοκρασία του σπιτιού και να ανοίξει τα παράθυρα ανάλογα με τις προτιμήσεις του. [13]

Και πιο γενικά:

- Βελτίωση χρήσης των υφιστάμενων πόρων.

- Καλύτερη συσχέτιση του ανθρώπου με τη φύση.
- Σχηματισμός μιας νέας οντότητας μεταξύ της ανθρώπινης κοινωνίας και των φυσικών συστημάτων.
- Ευέλικτη διαμόρφωση.
- M2M επικοινωνία αυξάνει την αποτελεσματικότητα και οδηγεί σε εξοικονόμηση χρόνου.
- Βέλτιστη αξιοποίηση πόρων και ενέργειας οδηγεί σε εξοικονόμηση χρημάτων.
- Προσβασιμότητα & ευχρηστία.
- Λειτουργεί ενσωματώνοντας τεχνολογίες(technologies integrator).[17]



Source: Mario Morales, IDC

Σχήμα 1.2: Προβλέψεις υιοθέτησης του IoT μέχρι το 2020. [20]

1.6<Πεδία Εφαρμογών του IoT>

- **Εφαρμογές Internet of Things για έξυπνες πόλεις.**

Οι εφαρμογές έξυπνων πόλεων είναι η καλύτερη λύση για τις σημερινές υπέρ-κατοικημένες και όχι τόσο φιλικές προς το περιβάλλον πόλεις. Σύμφωνα με την έρευνα Rick [14] σχετικά με τις έξυπνες πόλεις, η αγορά των έξυπνων πόλεων εκτιμάται σε δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2020. Αυτό θα προσελκύσει πολλούς προγραμματιστές του IoT. Με τις έξυπνες πόλεις οι άνθρωποι θα απαλλαχτούν από μερικά από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν σήμερα. Μερικά παραδείγματα εφαρμογών για έξυπνες πόλεις είναι το έξυπνο Parking, πολεοδομική «υγεία», χάρτες αστικού θορύβου, ανίχνευση μέσω smartphones, κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση, έξυπνος φωτισμός, έξυπνοι δρόμοι και σύστημα διαχείρισης αποβλήτων. Ήδη οι Ινδοί χτίζουν την πρώτη Ινδική έξυπνη πόλη κοντά στην πρωτεύουσα Gandhinagar του Gujarat.

The Internet of Things
Smart City – A Combination of Vertical Solutions

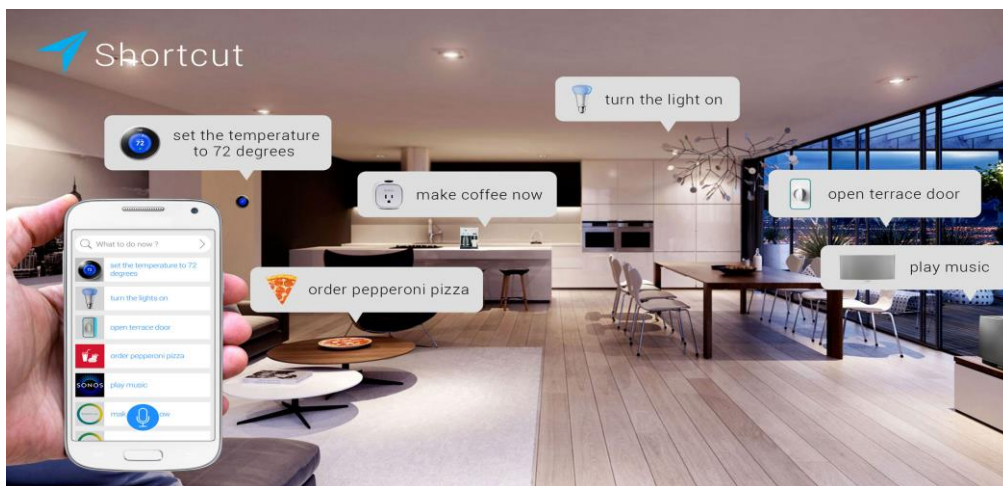
- Smart Transportation & Public Transport
 - Smart Ticketing
 - Signage
 - Geo-Services
 - Communication Gateways
 - ...
- Public Safety & Security
 - Surveillance & Security
 - Emergency Services
 - Public Infrastructure
 - ...
- Smart Well-being
 - Healthcare
 - Elderly living
- Smart Energy / Smart Grid
- Smart Building
- Smart Water Management
- Smart Retail
- ...

EUROTECH

Σχήμα 1.3: Παραδείγματα εφαρμογών του IoT για έξυπνες πόλεις. [21]

- **Εφαρμογές του Internet of Things για αυτοματοποίηση λειτουργιών σε σπίτια και κτίσματα.**

Ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα του Internet of Things είναι το πιο κεντρικοποιημένο και ευκολότερο σε συντήρηση σύστημα ελέγχου για όλα τα σπίτια. Με την βοήθεια της πλατφόρμας του Internet of Things οι άνθρωποι θα μπορούν να μετρήσουν την κατανάλωση της ενέργειας και του νερού, που θα τους βοηθήσει να καταλάβουν πως χρησιμοποιούν τις πηγές και πως μπορούν να εξοικονομήσουν πόρους στο μέλλον. Αυτό θα περιλαμβάνει επίσης, ένα σύστημα συντήρησης προϊόντων τέχνης ώστε να μπορούν να ελέγχουν τις συνθήκες μέσα σε μουσεία και οίκους τέχνης. Είναι κατανοητό πόσο πολύ θα βοηθήσει ένα τέτοιο σύστημα-[14].

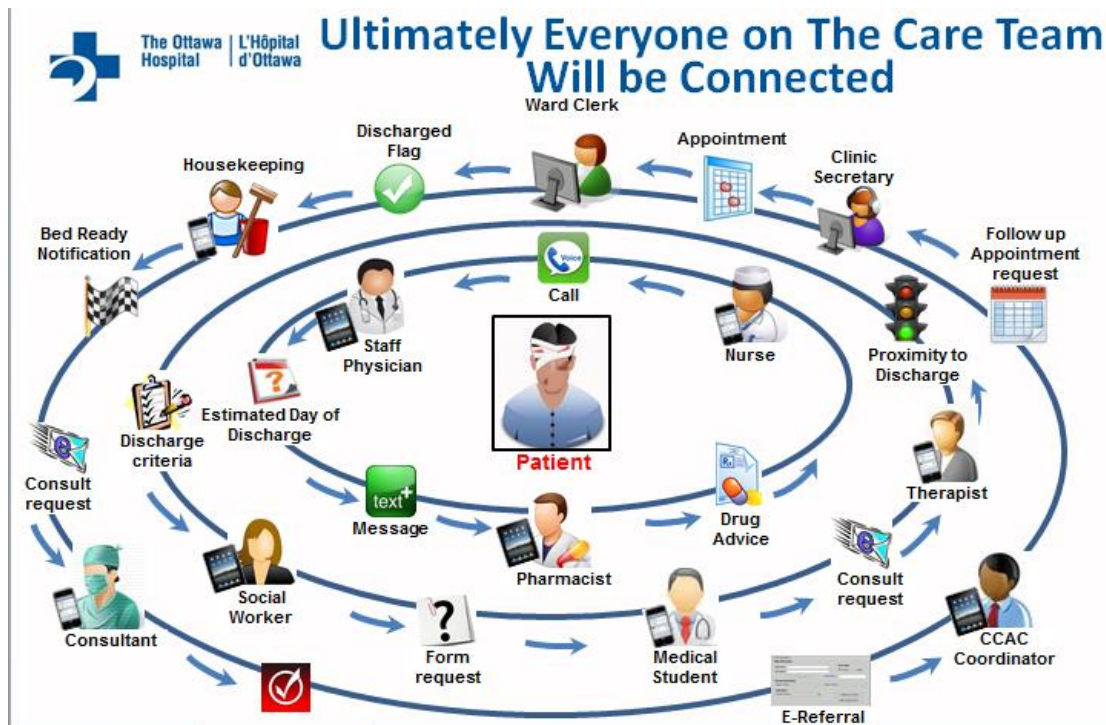


Σχήμα 1.4: Παράδειγμα αυτοματοποίησης σπιτιού-[22].

- **Εφαρμογές του Internet of Things σχετικές με την φροντίδα υγείας.**

Το Internet of Things προσθέτει περισσότερη αξία στην βιομηχανία της υγειονομικής περίθαλψης. Λόγω του IoT, μερικά πλεονεκτήματα τα οποία θα προστεθούν στον τομέα της φροντίδας υγείας είναι: ανίχνευση πτώσης, ιατρικά ψυγεία, φροντίδα υγείας αθλητών, επιτήρηση ασθενών, υπερϊώδης ακτινοβολία κλπ. Αυτό θα βοηθήσει να ζήσουν τις ζωές τους οι άνθρωποι πιο ευτυχισμένα χωρίς να έχουν πολλά ιατρικά προβλήματα. Για παράδειγμα η ανίχνευση πτώσης θα βοηθήσει τα ηλικιωμένα άτομα ή τα άτομα με αναπηρίες που ζουν μόνοι τους δίνοντας τους βοήθεια. Η ρύπανση είναι στα

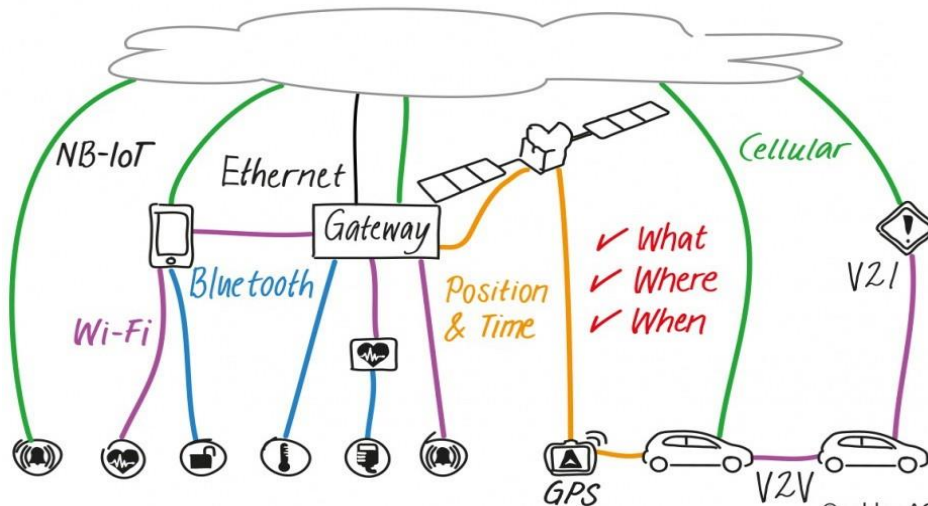
υψηλότερα της επίπεδα οπότε δεν είναι πολύ ασφαλές να βγαίνουν έξω στο φως του ήλιου. Στο μέλλον οι άνθρωποι θα έχουν την δυνατότητα να μετρούν την Ultra Violet (UV) ακτινοβολία του ήλιου και θα γνωρίζουν αν θα τους επηρεάζει αρνητικά-[14].



Σχήμα 1.5: Ολοκληρωμένο παράδειγμα φροντίδας υγείας με IoT-[19].

- **Εφαρμογές του Internet of Things σχετικά με την αυτοκίνηση.**

Συνδεδεμένα αυτοκίνητα είναι αυτοκίνητα τα οποία έχουν πρόσβαση, καταναλώνουν, δημιουργούν, εμπλουτίζουν, κατευθύνουν και μοιράζονται ψηφιακές πληροφορίες με επιχειρήσεις, ανθρώπους, οργανισμούς, υποδομές και άλλα αντικείμενα. Αυτά τα αντικείμενα περιλαμβάνουν άλλα αυτοκίνητα. Δεδομένου ότι αυτά τα αυτοκίνητα γίνονται όλο και περισσότερο συνδεδεμένα, αποκτούν αυτό-επίγνωση και σταδιακά γίνονται αυτόνομα. Κατά πάσα πιθανότητα θα βιώσουν, οι περισσότεροι από τους ανθρώπους που ζουν σήμερα, την εμπειρία των αυτό-οδηγούμενων αυτοκινήτων αν και ίσως όχι και τις 3 φάσεις του. Δηλαδή από τα αυτοματοποιημένα, στα αυτόνομα και τέλος στα μη-επανδρωμένα αυτοκίνητα. [15]



Σχήμα 1.6: Παράδειγμα IoT για τον τομέα της αυτοκίνησης-[23].

- **Εφαρμογές του Internet of Things σχετικά με την λιανική πώληση.**

Το τρέχων σύστημα λιανικής πώλησης θα μετατραπεί σε ένα έξυπνο σύστημα λιανικής πώλησης με την χρήση της IoT τεχνολογίας. Ένα καλό παράδειγμα του έξυπνου συστήματος λιανικής είναι οι ετικέτες των προϊόντων. Με την προσθήκη ετικετών στα προϊόντα ένας λιανοπωλητής μπορεί να αποκομίσει τεράστια οφέλη. Σύμφωνα με ειδικούς πάνω στο θέμα, αυτό θα βοηθήσει τους λιανοπωλητές να πάρουν το 99% της ακρίβειας των αποθεμάτων. Για παράδειγμα, οι τομείς τους οποίους έχει επηρεάσει πολύ το IoT είναι η αυτοματοποίηση λειτουργιών σε μια κατοικία, η εικονική πραγματικότητα, η ασύρματη ανίχνευση, εντοπισμός συσκευών και άλλα. Αυτό θα βοηθήσει σίγουρα τους λιανοπωλητές να παίρνουν περισσότερα δεδομένα (πληροφορίες) σχετικά με το προϊόν-[14].



Σχήμα 1.7: 5 μέθοδοι χρήσης του IoT στο λιανεμπόριο-[24].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: <ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ>

2.1<Μοντέλα Internet of Things>

Τα μοντέλα της τεχνολογίας του IoT μπορούν να χωριστούν σε 2 μεγάλες υποκατηγορίες. Η μια κατηγορία αφορά το μοντέλο συνδεσιμότητας και η άλλη κατηγορία αφορά το μοντέλο αναφοράς του IoT και τα επίπεδα του. Ακολούθως, θα αναλυθούν οι 2 αυτές κατηγορίες.

- **Μοντέλα συνδεσιμότητας του Internet of Things.**

1. Device-to-Device

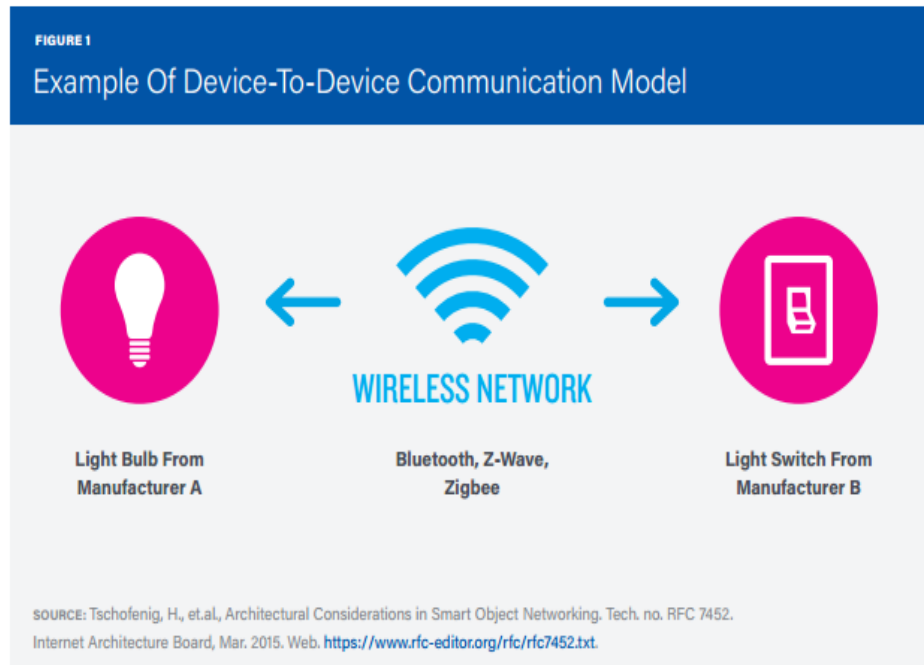
Η επικοινωνία Device-to-Device αντιπροσωπεύει δυο ή περισσότερες συσκευές που συνδέονται και επικοινωνούν απευθείας η μια με την άλλη. Μπορούν να επικοινωνήσουν πάνω από πολλούς τύπους δικτύων, συμπεριλαμβανομένων των **IP** δικτύων, αλλά πιο συχνά χρησιμοποιούν πρωτόκολλα όπως το Bluetooth, το Z-Wave και το ZigBee.

Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται συχνά σε συστήματα αυτοματοποίησης εργασιών κατοικίας για να μεταφέρει μικρά πακέτα δεδομένων μεταξύ των συσκευών με έναν σχετικά χαμηλό ρυθμό δεδομένων.

Αυτές οι συσκευές θα μπορούσαν να είναι ηλεκτρικοί λαμπτήρες, θερμοστάτες και κλειδαριές, που ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους. Αυτό το μοντέλο είναι πολύ δημοφιλές μεταξύ των φορητών IoT συσκευών όπως το heart monitor, το smartwatch όπου τα δεδομένα δεν πρέπει απαραίτητα να μοιράζονται με πολλά άτομα.

Υπάρχουν πολλά πρότυπα, που αναπτύσσονται γύρω από αυτό το μοντέλο όπως το Bluetooth Low Energy, που είναι δημοφιλές για φορητές και φορετές συσκευές εξαιτίας των χαμηλών του απαιτήσεων σε ενέργεια που

μπορούν να δώσουν αυτονομία μηνών ή και ενός χρόνου στις συσκευές. Η χαμηλή του πολυπλοκότητα μπορεί, επίσης, να ελαττώσει το μέγεθος και το κόστος του-[25].

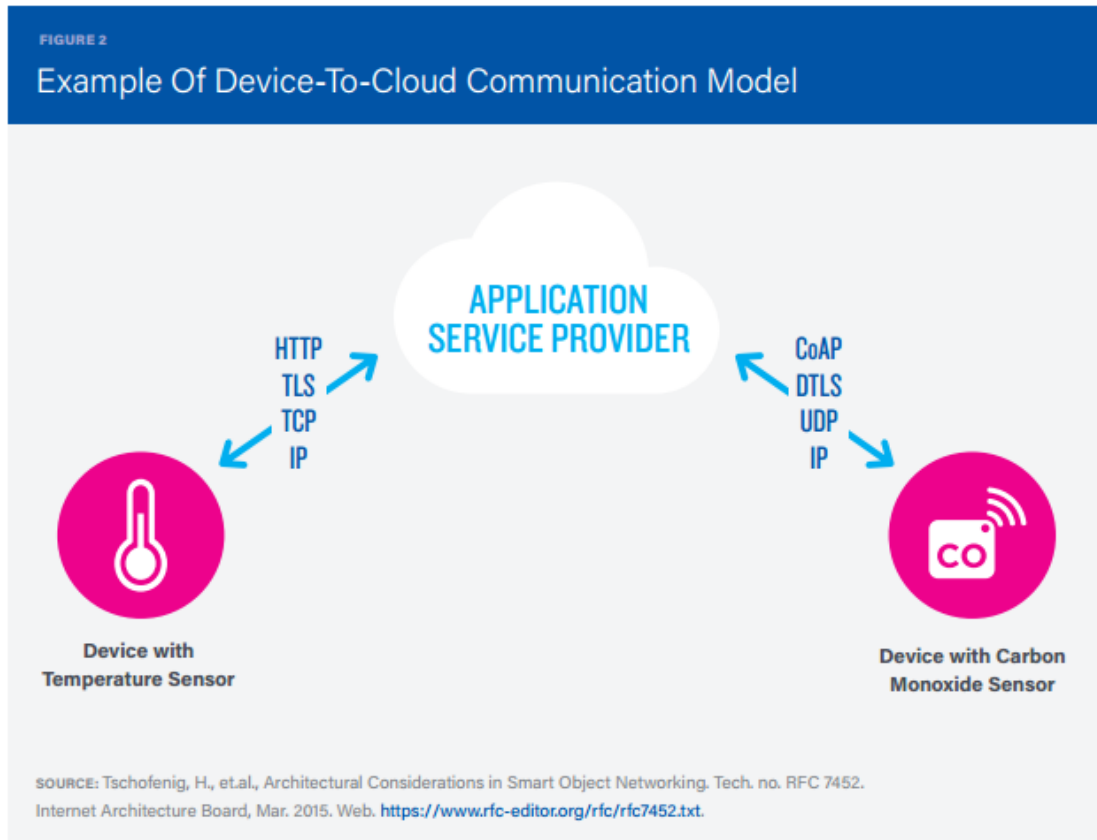


Σχήμα 2.1: Παράδειγμα μοντέλου Device-to-Device-[25].

2. Device-to-Cloud

Το μοντέλο Device-to-Cloud περιλαμβάνει μια IoT συσκευή που συνδέεται απευθείας σε μια Internet Cloud υπηρεσία, σαν μια εφαρμογή παροχής υπηρεσιών για την ανταλλαγή δεδομένων και τον έλεγχο της κυκλοφορίας των μηνυμάτων. Συνήθως χρησιμοποιεί παραδοσιακό ενσύρματο Ethernet ή 802.11 συνδέσεις, αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει επίσης και κυψελοειδείς τεχνολογίες.

Η Cloud συνδεσιμότητα επιτρέπει στον χρήστη (και την εφαρμογή) να αποκτήσει απομακρυσμένο έλεγχο σε μια συσκευή. Επίσης, ενδεχομένως να υποστηρίζει ενημερώσεις λογισμικού για τις συσκευές-[25].



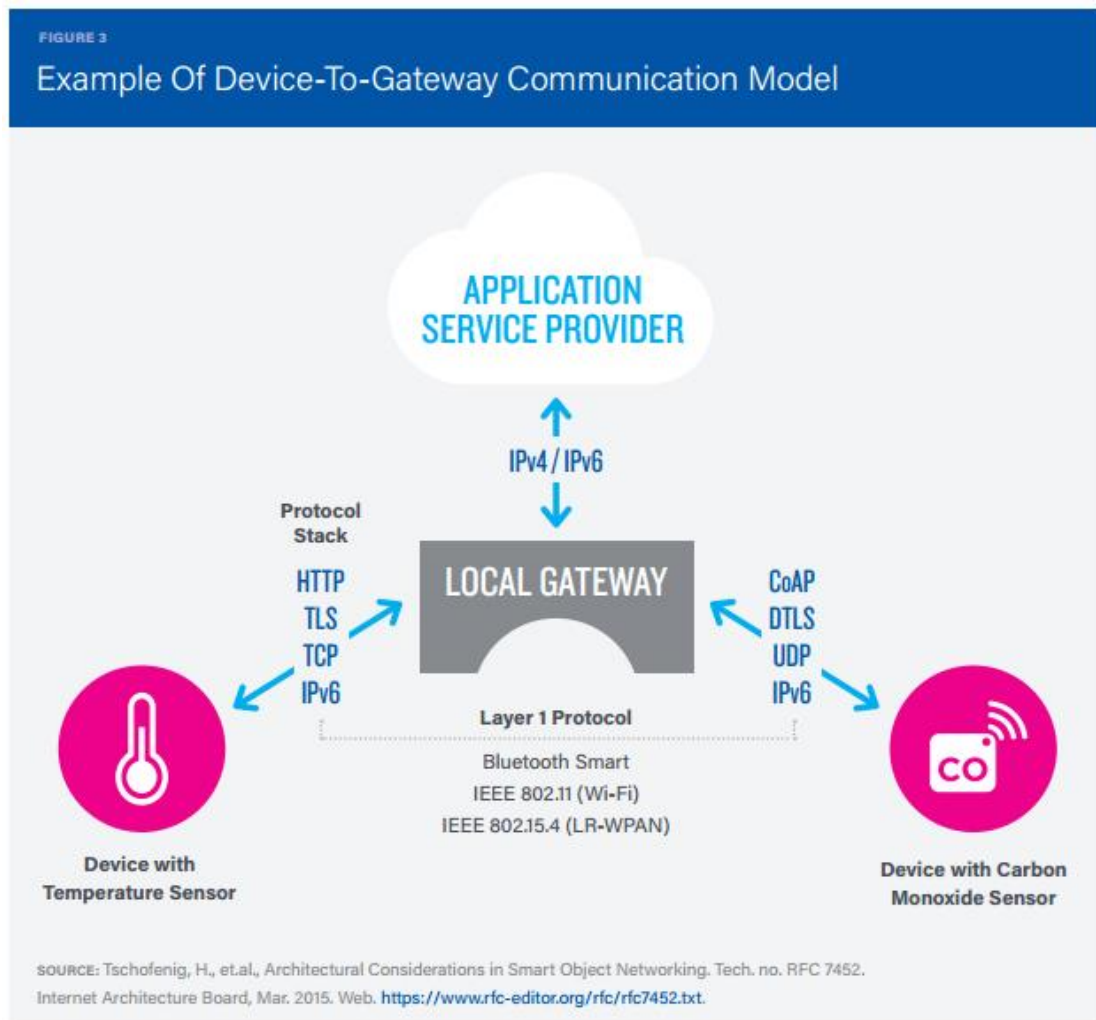
Σχήμα 2.2: Παράδειγμα μοντέλου Device-to-Cloud [25]

3. Device-to-Gateway

Στο συγκεκριμένο μοντέλο, οι IoT συσκευές, βασικά, συνδέονται σε μια ενδιάμεση συσκευή προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση σε μια Cloud υπηρεσία. Αυτό το μοντέλο συχνά περιλαμβάνει το λογισμικό της εφαρμογής που τρέχει σε μια τοπική πύλη-συσκευή (π.χ. ένα smartphone ή ένα hub), που ενεργεί σαν ένας μεσάζων μεταξύ της IoT συσκευής και της Cloud υπηρεσίας.

Αυτή η πύλη-συσκευή θα μπορούσε να παρέχει ασφάλεια και άλλες λειτουργίες όπως μετάφραση δεδομένων και πρωτοκόλλων. Αν η πύλη-συσκευή του επιπέδου εφαρμογής είναι ένα smartphone, το λειτουργικό της εφαρμογής μπορεί να έχει την μορφή ενός app, που πραγματοποιεί σύζευξη με την IoT συσκευή και επικοινωνεί με την Cloud υπηρεσία. Αυτή μπορεί να είναι μια συσκευή γυμναστικής, που συνδέεται με την Cloud υπηρεσία μέσω μιας smartphone εφαρμογής, ή εφαρμογές αυτοματοποίησης εργασιών κατοικίας.

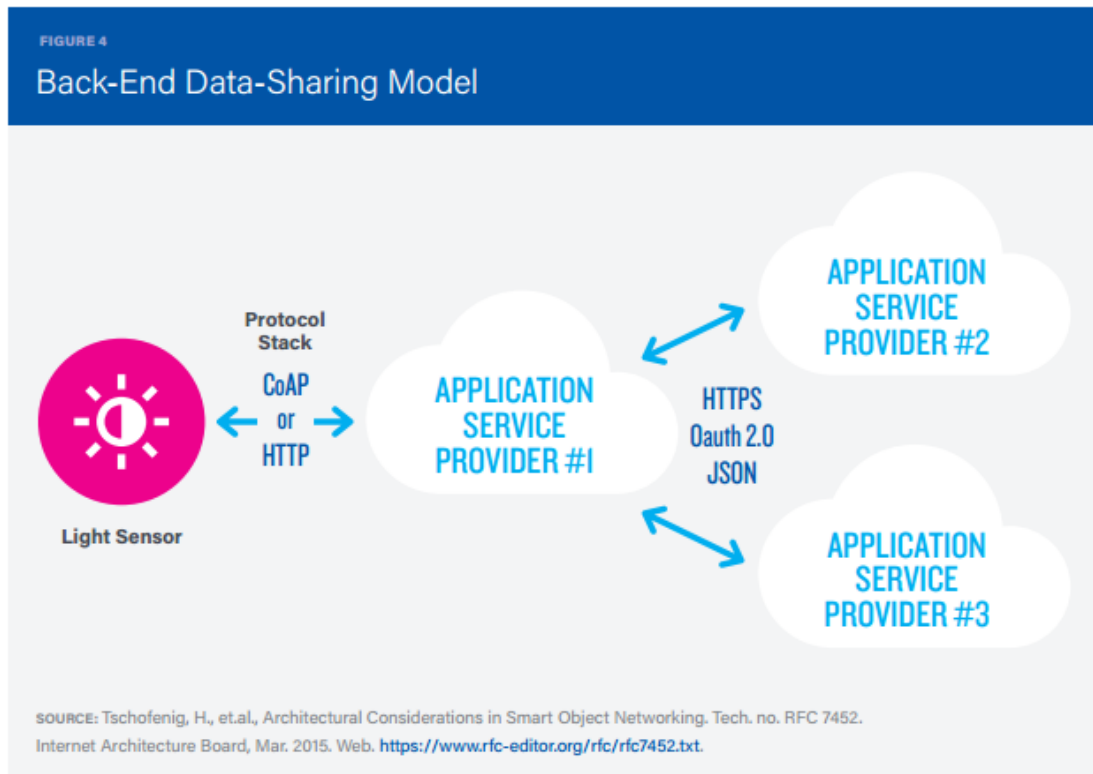
Οι πύλες-συσκευές μπορούν δυνητικά να γεφυρώσουν το χάσμα δια λειτουργικότητας μεταξύ συσκευών που επικοινωνούν σε διαφορετικά πρότυπα-[25].



Σχήμα 2.3: Παράδειγμα μοντέλου Device-to-Gateway [25]

4. Back-End Data Sharing

Το συγκεκριμένο μοντέλο ουσιαστικά επεκτείνει το μοντέλο Device-to-Cloud έτσι ώστε οι IoT συσκευές και τα δεδομένα των αισθητήρων να μπορούν να προσπελαύνονται από εξουσιοδοτημένα τρίτα μέρη. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, οι χρήστες μπορούν να εξάγουν και να αναλύσουν δεδομένα έξυπνων αντικειμένων από μια Cloud υπηρεσία σε συνδυασμό με δεδομένα από άλλες πηγές.



Σχήμα 2.4: Παράδειγμα μοντέλου Backend Data Sharing [25]

- **Μοντέλο Αναφοράς του IoT**

Το μοντέλο Αναφοράς του IoT υλοποιείται σε 7 επίπεδα τα οποία θα αναλυθούν ακολούθως:

1. **Επίπεδο 1. Φυσικές συσκευές και ελεγκτές.**

- Μετατροπή απο αναλογικό σε ψηφιακό σήμα.
- Γέννηση Δεδομένων.
- Ερωτήματα και έλεγχος διαδικτυακά.
- Αντικείμενα διαφορετικών δυνατοτήτων: επεξεργαστικών, αποθηκευτικών, μεγέθους, κατασκευαστή.

2. **Επίπεδο 2. Συνδεσιμότητα.**

- Ανάμεσα στις συσκευές/πύλες και στο δίκτυο (gateway-controllers).
- Μεταξύ των δικτύων east-west, των τοπικών-Local Area Network δικτύων (LAN), κίνηση διακομιστή προς διακομιστή.
- Επικοινωνία με το χαμηλό επίπεδο του επιπέδου 3.

- Αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των συσκευών του επιπέδου 1.
- Υποστήριξη διαφορετικών πρωτοκόλλων
- Μεταγωγή και δρομολόγηση.
- Μετάφραση διαφορετικών πρωτοκόλλων
- Αυτοεκπαιδευόμενες μέθοδοι ανάλυσης δικτύου.

3. Επίπεδο 3. Υπολογιστική τύπου Fog.

- Ανάλυση και μετασχηματισμός δεδομένων.
- Επεξεργασία ανά πακέτο, μονάδες δεδομένων.
- Αξιολόγηση: εξετάζει αν τα δεδομένα πρέπει να αναλυθούν σε υψηλότερο επίπεδο.
- Διαμόρφωση: αναδιαμόρφωση των δεδομένων επεξεργασίας υψηλότερου επιπέδου.
- Μείωση/Συγχώνευση: των δεδομένων για να μειωθεί η κίνηση στο δίκτυο και στα επεξεργαστικά συστήματα των υψηλότερων επιπέδων.
- Εκτίμηση: έλεγχος των δεδομένων βάσει κατωφλίου ή ειδοποίησης και ανακατεύθυνση των δεδομένων σε διαφορετικούς προορισμούς.

4. Επίπεδο 4. Συσσώρευση Δεδομένων

- Συσσώρευση δεδομένων: data in μετατρέπονται σε data at rest.
- Αποφασίζει αν είναι αναγκαία η περαιτέρω επεξεργασία σε υψηλότερα επίπεδα.
- Αποθήκευση: δίσκος non-volatile κατάστασης ή συσσωρευμένη στη μνήμη για βραχυπρόθεσμη χρήση.
- Τι τύπος αποθήκευσης απαιτείται: σύστημα αρχείων, σύστημα μεγάλου μεγέθους δεδομένων, σχεσιακές βάσεις δεδομένων.
- Οργάνωση των δεδομένων με βάση το σύστημα αποθήκευσης.

- Τα δεδομένα μπορεί να γίνουν συνδυαστικά, να υπολογιστούν εκ νέου, ή να συγκεντρωθούν με παλιές αποθηκευμένες πληροφορίες.
- Μετατρέπει τα πακέτα δικτύου σε σχεσιακούς πίνακες βάσης δεδομένων.
- Υπολογισμός βάσει συμβάντων και υπολογισμός βάσει ερωτημάτων.
- Δραματική μείωση δεδομένων μέσω φιλτραρίσματος και επιλεκτικών Northbound/southbound ειδοποιήσεων αποθήκευσης..

5. Επίπεδο 5. Αφαίρεση Δεδομένων.

- Τα δεδομένα δε βρίσκονται πάντα στον ίδιο χώρο αποθήκευσης:
- Πολύς όγκος δεδομένων.
- Μια βάση δεδομένων => υψηλή επεξεργαστική ισχύς.
- Οι συσκευές είναι γεωγραφικά διαχωρισμένες, και η επεξεργασία γίνεται τοπικά.
- Τα επίπεδα 3 και 4 μπορούν να διαχωρίζουν “συνεχόμενες ροές καθαρών δεδομένων” από “δεδομένα συμβάντων”.
- Επίπεδο 5:
- Συνύπαρξη πολλαπλών διαμορφώσεων δεδομένων από διαφορετικές πηγές.
- Συνεπή σημασιολογία (consistent semantics).
- Ολοκληρωμένα δεδομένα σε υψηλότερα επίπεδα.

6. Επίπεδο 6. Εφαρμογής.

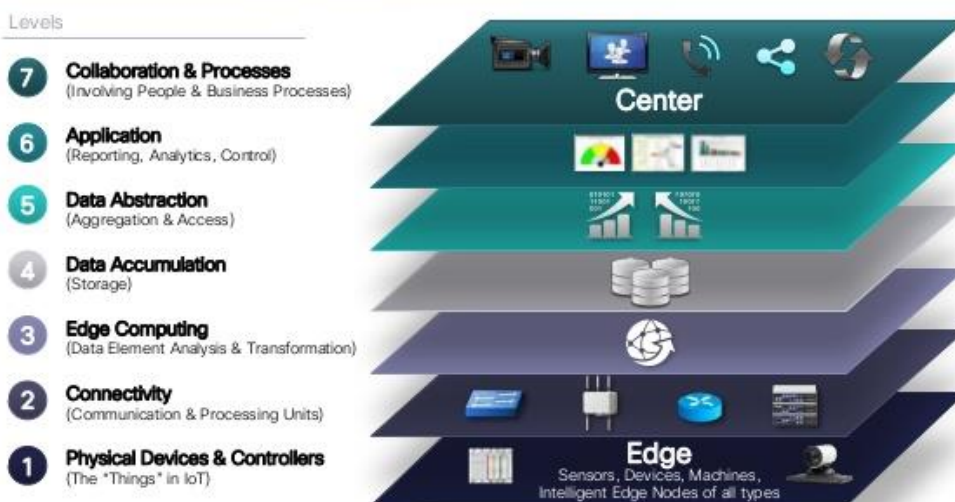
- Παρακολούθηση δεδομένων συσκευής, έλεγχος συσκευών, συνδυασμός συσκευών ή όχι δεδομένων.
- Διαφορετικές εφαρμογές: Διαφορετικά μοντέλα εφαρμογής, προγραμματιστικά μοτίβα, στοίβες λογισμικού, λειτουργικά συστήματα, φορητότητα, διακομιστές εφαρμογής, hypervisors, multi-threading
- Παραδείγματα Εφαρμογών:

- Εφαρμογές Επιχειρήσεων, (enterprise resource planning (**ERP**), specialized industry solutions)
- Κινητές Εφαρμογές.
- Αναφορές επιχειρησιακής ευφύιας (Business Intelligence BI reports), η εφαρμογή βρίσκεται στον BI εξυπηρετητή.
- Αναλυτικές εφαρμογές που ερμηνεύουν δεδομένα για επιχειρηματικές αποφάσεις.
- Διαχείριση συστημάτων / εφαρμογές κέντρου ελέγχου που ελέγχουν το ίδιο το σύστημα IoT και δεν δρουν στα δεδομένα που παράγει.

7. Επίπεδο 7. Διαδικασίες Συνεργασίας.

- Τα δεδομένα εφαρμογών απαιτούν την ανθρώπινη παρέμβαση και νέες διεργασίες.
- Κοινή εφαρμογή για διαφορετικούς σκοπούς.
- Συνεργασία και διαμοιρασμός δεδομένων με άλλους ανθρώπους, διεργασίες.

IoT World Forum Reference Model



Σχήμα 2.5: Σχηματική αναπαράσταση μοντέλου αναφοράς του IoT. [26]

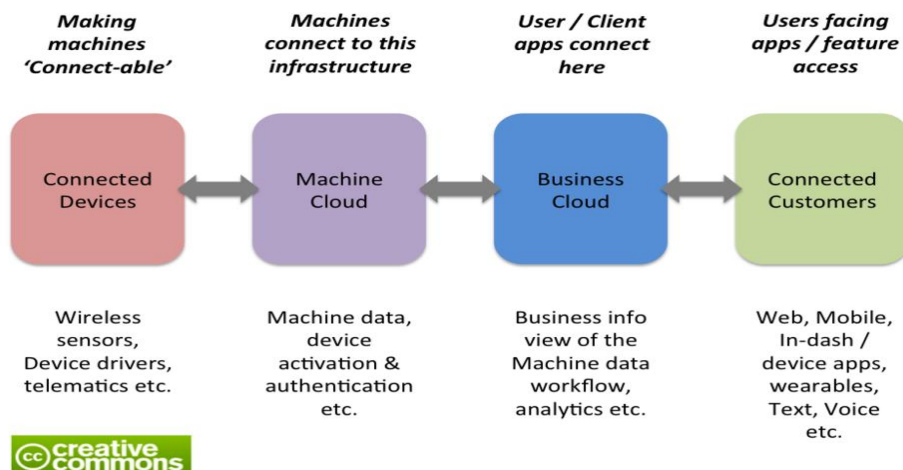
2.2<Αρχιτεκτονική Internet of Things>

Μέχρι στιγμής, οι IoT εφαρμογές βασίζονται σε αποσπασματικές εφαρμογές λογισμικού για συγκεκριμένα συστήματα και περιπτώσεις χρήσης. Η μεγάλη ανάγκη για αρχιτεκτονικές αναφορές στην βιομηχανία έχει γίνει απτή με τον ταχέως αυξανόμενο αριθμό των πρωτοβουλιών που εργάζονται προς την υλοποίηση ολοκληρωμένων αρχιτεκτονικών. Αυτές οι πρωτοβουλίες αποσκοπούν στην διευκόλυνση της διαλειτουργικότητας, την απλοποίηση της ανάπτυξης και ευκολία εφαρμογής. Ακολουθως αναφέρονται πέντε τέτοιες πρωτοβουλίες:

1. **Reference Architecture Model Industry 4.0 (RAMI 4.0):** Μια αρχιτεκτονική αναφοράς για έξυπνα εργοστάσια αφοσιωμένα σε IoT πρότυπα.
2. **Industrial Internet Reference Architecture (IIRA):** Το IIRA είναι ένα αρχιτεκτονικό πρότυπο και μεθοδολογία που σχεδιάστηκε από ένα ευρύ των μελών του Industrial Internet Consortium (IIC), συμπεριλαμβανομένων των αρχιτεκτόνων του συστήματος και του λογισμικού, ειδικούς των επιχειρήσεων και ειδικούς ασφαλείας.
3. **Internet of Things-Architecture (IoT-A):** Το IoT-A παρέδωσε μια λεπτομερή αρχιτεκτονική και ένα μοντέλο από λειτουργική και πληροφοριακή άποψη. Επίσης, εκτέλεσε μια λεπτομερή ανάλυση των απαιτήσεων του συστήματος.
4. **Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT):** Το [IEEE P2413](#) project, έχει μια ομάδα εργασίας σχετικά με ένα IoT αρχιτεκτονικό πλαίσιο που δίνει έμφαση στην προστασία, την ασφάλεια, την ιδιωτικότητα και γενικά ζητήματα ασφαλείας.
5. **Arrowhead Framework:** Η πρωτοβουλία αυτή δίνει την δυνατότητα συνεργατικού αυτοματισμού με ανοιχτού δικτύου ενσωματωμένες συσκευές. Είναι ένα σημαντικό project της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την παροχή βέλτιστων πρακτικών σχετικά με τον συνεργατικό αυτοματισμό. [27]

- **Παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό μιας IoT Αρχιτεκτονικής:**
- Επεκτασιμότητα: αισθητήρες και ενεργοποιητές, διαφορετικά δίκτυα, ποσότητας δεδομένων, επεξεργαστικής ισχύος.
- Μαζικά δεδομένα: εξαγωγή μοτίβων, εξαγωγή δεδομένων από πολύπλοκα δεδομένα με κυριότερη εφαρμογή το video.
- Υπολογιστική νέφους: χρήση υψηλών πόρων (αποθήκευση, ευέλικτες και επεκτάσιμες μορφές υπολογιστικών πόρων).
- Λειτουργία σε πραγματικό χρόνο: γρήγορη απόκριση, μη κατεστραμμένα δεδομένα.
- Υψηλή διανομή: γεωγραφική, επεξεργαστική, δικτυακή.
- Ετερογένεια: Διαφορετικότητα των αντικειμένων, διαφορετικότητα των υπηρεσιών ασφαλείας.
- Συμμόρφωση
- Ενσωμάτωση: διαφορετικές τεχνολογίες.

Simplified view: Internet of Things Architecture



Σχήμα 2.6: Απλοποιημένη IoT Αρχιτεκτονική [28]

2.3<Τεχνολογίες IoT που χρησιμοποιούνται>

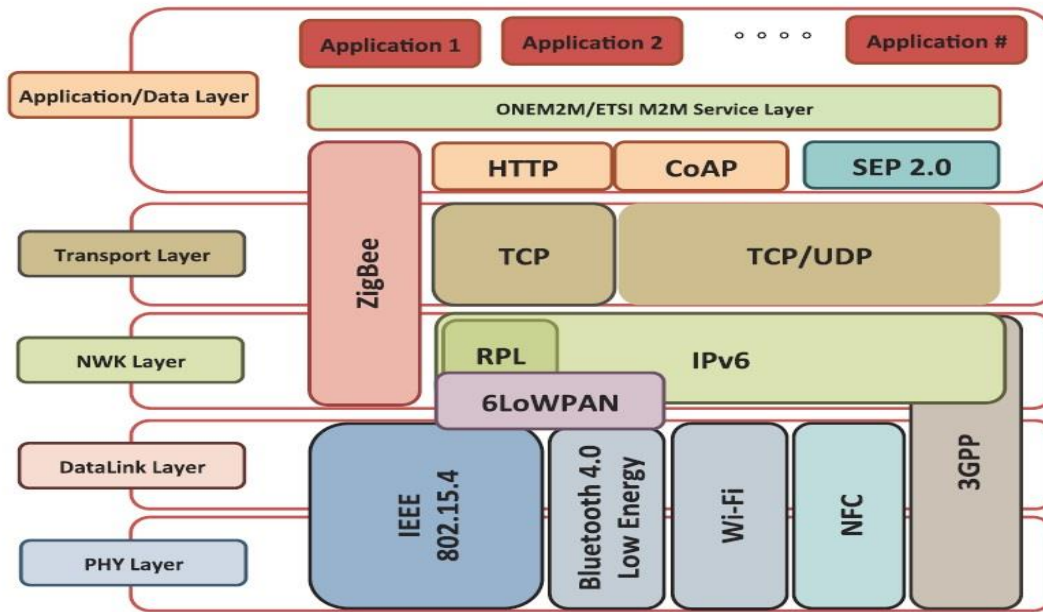
Παρακάτω παρατίθενται IoT τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ή πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο άμεσο μέλλον:

- IoT Ασφάλεια: Υλοποιήσεις λογισμικού και υλικού.
- IoT Analytics: Νέοι αλγόριθμοι, αρχιτεκτονικές, δομές δεδομένων και μεθοδολογίες εκμάθησης μηχανής, κατανεμημένες αναλυτικές αρχιτεκτονικές.
- Διαχείριση IoT συσκευών: περιεχόμενο, τοποθεσία, και stateawareness, OverTheAir firmware upgrades.
- Χαμηλής κατανάλωσης και μικρής εμβέλειας IoT δίκτυα: (Zwave, BLE).
- Χαμηλής κατανάλωσης Wide Area Network (WAN) δίκτυα με χαμηλό εύρος ζώνης, διάρκεια μπαταρίας, χαμηλό hardware και κόστος λειτουργίας, και υψηλή πυκνότητα συνδεσιμότητας.
- IoT επεξεργαστές: χαμηλής ισχύος 8-bit μικροελεγκτές (2019), 32-bit μικροελεγκτές 2020.
- IoT Λειτουργικά Συστήματα: Μικρό ίχνος (footprint) λειτουργικών συστημάτων, εργασίες εξαιρέσεων και γεγονότων, πολυπύρηνη υποστήριξη.
- Επεξεργασία ροής συμβάντων, Distributed Stream Computing Platforms (DSCPs).
- **IoT Πλατφόρμες:**
- Έλεγχος συσκευών χαμηλού επιπέδου: επικοινωνία, παρακολούθηση συσκευής, διαχείριση συσκευής, ασφάλεια, και αναβαθμίσεις λογισμικού.
- Απόκτηση IoT δεδομένων: μεταμόρφωση και διαχείριση.
- Ανάπτυξη εφαρμογής IoT: λογική που βασίζεται σε συμβάντα, προγραμματισμός εφαρμογής, οπτικοποίηση, ανάλυση.
- IoT πρότυπα και οικοσυστήματα.

2.4<Υλοποίηση Internet of Things>

Προκειμένου να υλοποιηθεί η τεχνολογία IoT είναι βασικό να εφαρμοστεί το IoT Open Systems Interconnections (**OSI**) μοντέλο το οποίο αποτελείται από 4 επίπεδα. Γενικά το OSI μοντέλο αποτελείται από 7 επίπεδα και υποδιαιρεί τις λειτουργίες ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου σε μια «κατακόρυφη» στοίβα από επίπεδα, για το καθένα από τα οποία μπορεί να οριστεί κάποιο πρωτόκολλο σε μία συγκεκριμένη υλοποίηση. Κάθε επίπεδο αξιοποιεί τις λειτουργίες του κατώτερου του στη στοίβα επιπέδου, ενώ στόχος του είναι να παρέχει λειτουργικότητα στο αμέσως ανώτερο επίπεδό του. Το IoT λειτουργεί στο παρακάτω επίπεδο OSI 4 επιπέδων:

1. **Physical – Data Link:** WiFi, Bluetooth, χαμηλής ισχύος WAN, κυψελωτά, IEEE 802.15.4.
2. **Δικτύου:** Internet Protocol version 4 (**IPv4**), Internet Protocol version 6 (**IPv6**).
3. **Μεταφοράς:** Transmission Control Protocol (**TCP**), User Datagram Protocol (**UDP**).
4. **Εφαρμογής:** Message Queue Telemetry Transport (**MQTT**), Extensible Messaging and Presence Protocol (**XMPP**), Light Weight Machine-to-Machine protocol (**LWM2M**).



Σχήμα 2.7: Μοντέλο OSI του Internet of Things [29]

2.5<Στοιβες πρωτοκόλλων του IoT>

Μία συγκεκριμένη υλοποίηση του μοντέλου OSI, με καθορισμένα πρωτόκολλα για κάθε επίπεδο, ονομάζεται **στοίβα πρωτοκόλλων** ή απλά *στοίβα*. Το κάθε πρωτόκολλο υλοποιείται είτε σε υλικό είτε σε λογισμικό. Συνήθως τα κατώτερα επίπεδα υλοποιούνται στο υλικό ενώ τα ανώτερα σε λογισμικό. Μια ενδεικτική υλοποίηση της στοίβας πρωτοκόλλων του Internet of Things είναι η παρακάτω:

1. Συνδεσιμότητα:

- Ethernet
- **Wifi (IEEE 802.11)-802.11n:** Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων 300Mbps, εμβέλεια 190m, Ζώνες συχνοτήτων 2.4GHz και 5GHz.
- **IEEE 802.15.4:** Ρυθμός μετάδοσης 250Kbps, χαμηλό κόστος, μικρές αποστάσεις, αυξημένη ζωή μπαταρίας, καθολική ζώνη συχνοτήτων 2.4GHz.
- **NFC:** Ζώνη συχνοτήτων 13.56 MHz. Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, 424 Kbps, αποστάσεις μερικών μέτρων.
- **Bluetooth/BLE:** Ζώνη συχνοτήτων στα 2.4 GHz. Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων έως 3 Mbps και μέγιστος εύρος 100m.
- **WiMax (IEEE 802.16):** Wireless Metropolitan Area Networks (WMAN). Εύρος έως 50 km και κινητοί σταθμοί από 5 έως 15 km. Ζώνες συχνοτήτων από 2.5 GHz έως 5.8 GHz ρυθμός μετάδοσης δεδομένων έως 40Mbps.
- **LoRAWAN:** εύρος δεκάδες km. Το LoRaWAN προσφέρει μοναδικά χαρακτηριστικά, όπως η πολύ μεγάλη εμβέλεια και η χαμηλή κατανάλωση ενέργεια.
- **NB-IOT:** Το NarrowBand IoT είναι χαμηλότερης ισχύος WAN που βασίζεται σε κυψελωτές τηλεπικοινωνιακές μπάντες. Standard: 3rd Generation Partnership Project ([3GPP](#)).
- **Cellular:** 4G/5G – ευρυζωνικό.

2. Υποδομή:

- IPv6: Internet Layer πρωτόκολλο, 128-bit διευθυνσιοδότησης, ιεραρχική κατανομή διευθύνσεων, end-to-end μετάδοση πακέτων μεταξύ IP δικτύων. Ο συνδυασμός με το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP=> TCP/IP.
- 6LoWPAN: IPv6 για χαμηλής ισχύος προσωπικά WAN, επίπεδο προσαρμογής για IPv6 σε IEEE802.15.4 links. Λειτουργία στα 2.4 GHz με 250 kbps ρυθμό μεταφοράς.
- UDP (User Datagram Protocol): πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς για δικτυακές εφαρμογές μοντέλου πελάτη/εξυπηρετητή βασισμένο στο IP και υπόσχονται απόδοση πραγματικού χρόνου.
- Quick UDP Internet Connections (QUIC): υποστηρίζει πολυπλεγμένες συνδέσεις μεταξύ δύο τερματικών σημείων πάνω από User Datagram Protocol (UDP), και σχεδιάστηκε με ένα διαφορετικό μηχανισμό ασφαλείας παρόμοιο του Transport Layer Security (TLS)/Secure Sockets Layer (SSL), συνδυάζει μείωση καθυστέρησης σε επίπεδο συνδεσιμότητα και επίπεδο μεταφοράς, και εκτίμηση του εύρους ζώνης αποφεύγοντας τη δικτυακή συμφόρηση και τις συγκρούσεις.
- uIP: TCP/IP stack ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται από tiny 8- και 16-bit μικροελεγκτές.
- Datagram Transport Layer Security (DTLS): παρέχει ασφάλεια επικοινωνίας σε datagram πρωτόκολλα. Χρήση σε εφαρμογές μοντέλου πελάτη/εξυπηρετητή για αποφυγή υποκλοπής και πλαστογραφίας μηνυμάτων.
- NanoIP: δικτυακές υπηρεσίες, που ομοιάζουν με το διαδίκτυο, σε ενσωματωμένες συσκευές χωρίς το φόρτο, που επιφέρει το TCP/IP.
- Time Synchronized Mesh Protocol (TSMP): Επικοινωνιακό πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται σε αυτό-οργανωμένα δίκτυα από ασύρματες συσκευές. Οι TSMP συσκευές συγχρονίζονται και επικοινωνούν σε χρονοθυρίδες, παρόμοια με άλλα Time-Division Multiplexing (TDM) συστήματα.

- Routing Over Low power and Lossy networks (ROLL) / Routing Protocol for Low power and Lossy Networks (RPL): IPv6 πρωτόκολλο δρομολόγησης για Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων χαμηλής ισχύος / απώλειας.

3. Ανακάλυψη:

- Multicast Domain Name System (mDNS): κάνει resolve host names σε IP addresses
- Physical Web: χρησιμοποιείται από τα Bluetooth Low Energy (BLE) beacons, που μεταδίδουν urls που σχετίζονται με αντικείμενα ή τοποθεσίες κάνοντας χρήση του Eddystone format.
- Universal Plug and Play (UPnP): Η Open Connectivity Foundation, καθορίζει ένα σύνολο πρωτοκόλλων, που επιτρέπουν σε δικτυακές συσκευές να ανακαλύψουν η μια την άλλη και να ιδρύσουν κανάλια επικοινωνίας διαμοιρασμό δεδομένων και άλλες υπηρεσίες δικτύου.

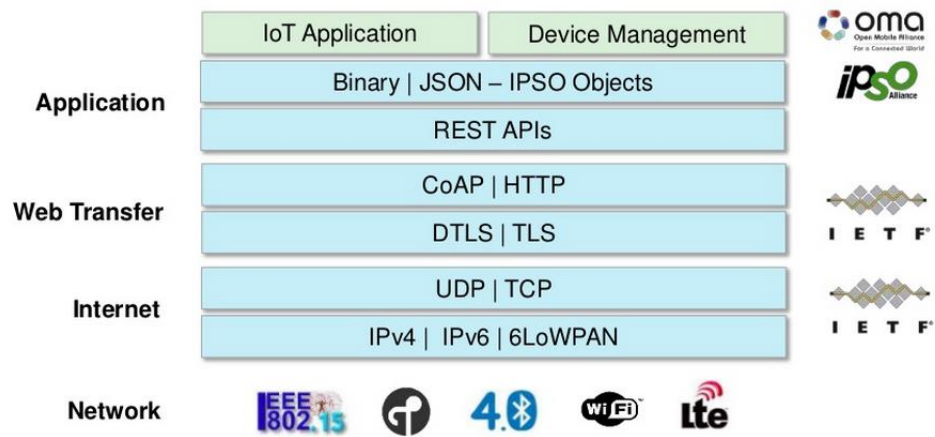
4. Πρωτόκολλα Δεδομένων:

- Message Queue Telemetry Transport (MQTT): δημοσίευση / εγγραφή, αποτύπωμα μικρού κώδικα, εύκολη ανταλλαγή δεδομένων σε απομακρυσμένες συσκευές, σύνδεση με μεσίτη (mosquito, raho), αυτόματη επικοινωνία ενός προς πολυκάστατη, ευέλικτη διαχείριση.
- Constrained Application Protocol (CoAP): εύκολη μετάφραση σε Hypertext Transfer Protocol (HTTP) για γρήγορη διασύνδεση με το Internet, multicast υποστήριξη, μικρό overhead, δυνατότητα υποστήριξης πάνω από UDP συνδέσεις.
- XMPP: Extensible Messaging and Presence Protocol, XML, Jabber, Instant Messaging, Presence Information, contact list, VoIP, file transfer (facebook, Google, Slack)
- Advanced Message Queuing Protocol (AMQP): μηνύματα δημοσιεύονται σε ανταλλαγές, που παρομοιάζονται με mailboxes. Οι ανταλλαγές κατανέμουν αντίγραφα των μηνυμάτων (message copies) σε ουρές (queues) με χρήση κανόνων που ονομάζονται bindings. Στη συνέχεια οι AMQP brokers είτε

μεταδίδουν τα μηνύματα στους καταναλωτές (consumers) που έχουν ήδη κάνει subscribe στις ουρές, ή οι καταναλωτές φέρνουν/τραβούν μηνύματα από ουρές κατ' απαίτηση (on demand).

- **LWM2M:** Υποστηρίζεται από την Open Mobile Alliance. Υλοποιεί DTLS, CoAP.{/Object/Instance/Resource). Ανάγνωση, Εγγραφή, Εκτέλεση, Παρατήρηση, πρωτόκολλα δεδομένων.
 - **Restful HTTP:** GET/POST/PUT /DELETE, WebServices, Access Tokens
 - **WebSocket:** Πρωτόκολλο βασισμένο σε TCP, οι websocket συνδέσεις είναι μόνιμες (persistent), δικατευθυντήριες, αποφυγή τεχνικών σφυγμομέτρησης, βασισμένη σε μηνύματα, υποστηρίζεται από το σύνολο των περιηγητών. Η αρχική χειραψία (αίτημα/απάντηση), αποτελείται από μία δήλωση HTTP σύνδεσης που ζητά τη δημιουργία της TCP σύνδεσης.
5. **Semantic:**
- **Internet Of Things DataBase (IOTDB)-JavaScript Object Notation (JSON):** Συνδεδεμένα πρότυπα δεδομένων για την περιγραφή IoT.
 - **Sensor Model Language ML:** standard models και Extensible Markup Language (XML) encoding σχήματα για την περιγραφή αισθητήρων και μετρήσεων.
 - **Lemonbeat smart Device Language (LsDL):** κάθε συσκευή αντικατοπτρίζεται σε μια σειρά τιμών.

Remember the I in IoT!



28

Σχήμα 2.8: Απλοποιημένο παράδειγμα στοίβας πρωτοκόλλων του IoT
[30]

ARM

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : < ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ >

3.1 < Πλεονεκτήματα του Internet of Things >

1. **Αεδομένα**: Όσο περισσότερες είναι οι πληροφορίες, τόσο πιο εύκολο είναι να παρθεί η σωστή απόφαση. Γνωρίζοντας τι πρέπει να αγοραστεί από ένα ένα παντοπωλείο καθώς οι άνθρωποι είναι έξω, χωρίς να χρειάζεται να το ελέγξουν μόνοι τους, δεν τους εξοικονομεί μόνο χρόνο αλλά επίσης είναι και βολικό.
2. **Παρακολούθηση**: Οι υπολογιστές παρακολουθούν τόσο την ποιότητα όσο και την βιωσιμότητα των αντικειμένων στο σπίτι. Γνωρίζοντας την ημερομηνία λήξης των προϊόντων στο σπίτι πριν την κατανάλωση τους, εξασφαλίζεται η ασφάλεια και η ποιότητα ζωής.
3. **Χρόνος**: Η ποσότητα του χρόνου που εξοικονομείται από την παρακολούθηση των αντικειμένων στο σπίτι είναι πολύ μεγάλη.
4. **Χρήματα**: Η οικονομική πτυχή είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα. Αυτή η τεχνολογία αντικαθιστά τους ανθρώπους που είναι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση και την διατήρηση των προμηθειών.

3.2<Μειονεκτήματα του Internet of Things >

1. **Συμβατότητα**: Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει κάποιο πρότυπο για την παρακολούθηση και την τοποθέτηση ετικετών με χρήση αισθητήρων. Μια ενιαία έννοια όπως το Universal Serial Bus (USB) ή το Bluetooth απαιτείται η οποία δεν θα πρέπει να έχει τόσο δύσκολη υλοποίηση.
2. **Πολυπλοκότητα**: Υπάρχουν πολλές ευκαιρίες για την αποτυχία πολύπλοκων συστημάτων.
3. **Προστασία προσωπικών δεδομένων**: Η προστασία προσωπικών δεδομένων είναι ένα μεγάλο ζήτημα για το IoT. Όλα τα δεδομένα πρέπει να κρυπτογραφούνται έτσι ώστε δεδομένα σχετικά με την οικονομική κατάσταση ή την κατάσταση της υγείας να μην φανερώνονται σε ανεπιθύμητα πρόσωπα.
4. **Ασφάλεια**: Υπάρχει πιθανότητα το λογισμικό να χακαριστεί και τα προσωπικά δεδομένα να καταχραστούν. Αυτές οι πιθανότητες είναι ατελείωτες. [31]

3.3<Προκλήσεις του Internet of Things>

1. **Νέες περιπτώσεις χρήσης**: Η IoT τεχνολογία αναπτύσσεται επειδή είναι εφικτοί οι στόχοι της, όχι γιατί μπορεί να λύσει κάθε συγκεκριμένο πρόβλημα. Αν και παραδείγματα χρήσης του IoT συνήθως περιλαμβάνουν χρονόμετρα για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των αντικειμένων, οι πραγματικοί σκοποί πιθανώς θα προκύψουν μόνο από την στιγμή που οι έξυπνες συσκευές θα είναι παντού. Αυτό δεν σημαίνει ότι η τεχνολογία IoT δεν θα επιτύχει. Ωστόσο, οι συνέπειες της είναι δύσκολο να προβλεφθούν.
2. **Ανάγκη για ανοιχτά πρότυπα**: Το IoT αποτελείται από πολλές επιμέρους συσκευές με τα δικά τους χαρακτηριστικά. Σε αυτό το στάδιο, δεν έχει σημασία, αλλά σύντομα θα έρθει η ώρα όπου η περαιτέρω ανάπτυξη θα απαιτεί οι έξυπνες συσκευές να μπορούν να επικοινωνούν η μια με την άλλη. Ωστόσο, αν και μεγάλο μέρος του IoT είναι πιθανό να κατασκευαστεί με λογισμικό ανοιχτού κώδικα, τα καθολικά πρότυπα και πρωτόκολλα υστερούν σε σχέση με την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Οι λίγες προσπάθειες που υπάρχουν τείνουν να γίνονται για συγκεκριμένες τεχνολογίες και τείνουν να επικεντρώνονται στην εφαρμογή τους πάνω σε υπάρχοντα πρότυπα ή πρωτόκολλα έξυπνων συσκευών παρά να αναπτύσσονται για τις νέες απαιτήσεις του IoT. Χωρίς μεγαλύτερο βαθμό συνεργασίας, η ανάπτυξη του IoT θα είναι πιο αργή από ότι θα μπορούσε να είναι.
3. **Ενεργειακές απαιτήσεις**: Ακόμα και με βελτιωμένες μπαταρίες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική, η απαίτηση του IoT σε ενέργεια μόλις που θα συναντάται. Ωστόσο, αν προστεθούν θέματα όπως η σπατάλη ενέργειας και η εκπομπή ρύπων, η τροφοδότηση του IoT από άποψη ενέργειας θα μπορούσε να γίνει σημαντικό κοινωνικό πρόβλημα από μόνο του μέσα στην επόμενη δεκαετία.
4. **Προβλήματα αποθήκευσης**: Η αποθήκευση των πληροφοριών που παράγονται από τις έξυπνες συσκευές θα αυξήσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις του IoT. Μια εταιρεία όπως η Google, η οποία έχει ήδη εκατοντάδες συμπλέγματα διακομιστών, το καθένα από τα οποία καταλαμβάνει χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα, θα μπορούσε να επισκιαστεί από τις απαιτήσεις των

έξυπνων συσκευών. Ωστόσο, οι φυσικές ανάγκες είναι μόνο ένα μέρος του προβλήματος. Ένα μεγάλο μέρος των δεδομένων που παράγονται από τις έξυπνες συσκευές είναι απαραίτητο να στείλει μόνο λίγα σήματα στις συσκευές και δεν χρειάζεται να αποθηκεύεται. Άλλα δεδομένα, όπως τα χρονόμετρα των συσκευών, ενδέχεται να χρειάζονται αποθήκευση για μόνο μια εβδομάδα ή δυο το πολύ. Όμως με τόσες πληροφορίες διαθέσιμες, η απαίτηση για αποθήκευση αυτών των δεδομένων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μπορεί να αυξηθεί. Ως εκ τούτου, θα χρειαστούν πολιτικές σχετικά με το τι είδους πληροφορίες αποθηκεύονται και για πόσο χρόνο.

5. **Έλλειψη ιδιωτικότητας**: Δυνητικά, το IoT είναι ένας πλούτος πληροφοριών για αυτούς, που το χρησιμοποιούν. Τα έξυπνα τηλέφωνα ήδη μπορούν να παρακολουθούνται και το ίδιο αναμένεται να γίνει και με τις έξυπνες συσκευές.
6. **Έλλειψη ασφάλειας**: Όταν βρίσκονται αντιμέτωποι με την επιλογή μεταξύ της άνεσης και της ασφάλειας για τους χρήστες, οι κατασκευαστές συνήθως επιλέγουν την άνεση. Ακόμα και σε αυτό το πρώιμο στάδιο, το IoT δεν αποτελεί εξαίρεση. Ήδη, οι βασικές συσκευές, όπως π.χ. τα routers, δορυφορικοί δέκτες, χώροι αποθήκευσης δικτύου, smart TVs είναι εύκολο να χακαριστούν. Δυστυχώς, η σημερινή μας έλλειψη ασφάλειας και ιδιωτικότητας φαίνεται ασήμαντη συγκρινόμενη πιθανότατα με το τι μας περιμένει όταν το IoT τεθεί σε λειτουργία. Σε κάθε περίπτωση, ανεξάρτητα από το πόσο ασφαλής μια συσκευή μπορεί να γίνει δυνητικά, οι χρήστες μπορούν να αφαιρέσουν μεγάλο μέρος της ασφάλειας των συσκευών-[32].

3.4<Συμπεράσματα>

Το IoT είναι πιο κοντά στην υλοποίηση του από ότι ο μέσος άνθρωπος πιστεύει. Οι περισσότερες από τις απαραίτητες τεχνολογικές προόδους που απαιτούνται έχουν ήδη υλοποιηθεί και κάποιοι κατασκευαστές και οργανισμοί έχουν ήδη ξεκινήσει μια μικρής κλίμακας εφαρμογή του IoT.

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους δεν έχει πραγματικά εφαρμοστεί είναι οι επιπτώσεις που θα έχει στον νομικό, ηθικό, κοινωνικό και ασφάλειας τομέα. Οι εργαζόμενοι θα μπορούσαν ενδεχομένως να το καταχραστούν, οι hackers δυνητικά θα μπορούσαν να αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτό, ενώ οι εταιρείες ίσως να μην θέλουν να μοιραστούν την τεχνογνωσία τους. Για αυτούς τους λόγους η υλοποίηση του IoT μπορεί να καθυστερήσει περισσότερο από όσο πρέπει.

Επίσης, το IoT θα οδηγήσει σε νέα πρότυπα και πλατφόρμες στο άμεσο μέλλον. Πρακτικά, όλες οι πλατφόρμες θα είναι ανοιχτού κώδικα καθώς υπάρχει πολύ μικρή πιθανότητα να μονοπωλήσει την αγορά του IoT μια μόνο εταιρεία, ακόμα και η μεγαλύτερη όλων. Τέλος, ένα νέο κύμα αύξησης της παραγωγικότητας πρέπει να αναμένεται μαζί με συνολική βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Μερικά στατιστικά στοιχεία αναφορικά με το μέλλον του IoT-[33]:

1. Η αγορά του IoT αναμένεται να αυξηθεί σε 1.7 τρις. Δολάρια μέχρι το 2020, σημειώνοντας σύνθετο ετήσιο ποσοστό αύξησης της τάξης του 16.9%.
2. 25 δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές, κατά εκτίμηση, θα είναι σε χρήση μέχρι το 2020.
3. Μέχρι το 2020, κάθε άνθρωπος εκτιμάται ότι θα έχει στην κατοχή του 5.1 συνδεδεμένες συσκευές.
4. Μέχρι το 2018, 6 δισεκατομμύρια αντικείμενα θα έχουν την δυνατότητα να ζητήσουν στήριξη.
5. Μέχρι το 2020, 47% των συσκευών θα έχουν την απαραίτητη νοημοσύνη για να ζητήσουν στήριξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] [From Data to Actionable Knowledge: Big Data Challenges in the Web of Things by Payam Barnaghi, Amit Sheth, Cory Henson – 2013](#)
- [2] [Wikipedia:Internet of things](#)
- [3] [IoT 2008](#)
- [4] <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/06/18/a-very-short-history-of-the-internet-of-things/3/#bcacd59350a3>
- [5] <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=4968>
- [6] <https://www.amazon.com/When-Things-Start-Think-Gershenfeld/dp/0805058745>
- [7] <https://www.forbes.com/global/2002/0318/092.html>
- [8] <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=595220>
- [9] http://ieeexplore.ieee.org/document/1332996/?tp=&arnumber=1332996&url=http%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1332996
- [10] <http://cba.mit.edu/docs/papers/04.10.i0.pdf>
- [11] <http://www.itu.int/pub/S-POL-IR.IT-2005/e>
- [12] <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- [13] https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/internet-of-things.html#iotimportance
- [14] <http://iotworm.com/internet-of-things-applications-area/>
- [15] <https://www.wired.com/2013/01/forget-the-internet-of-things-here-comes-the-internet-of-cars/>
- [16] <https://www.rs-online.com/designspark/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about>

- [17] <https://eclass.upatras.gr/modules/document/index.php?course=EE932&openDir=/58b45ebdCYGF>
- [18] https://www.sierrawireless.com/~media/iot/company/innovation_2015.ashx?h=492&la=en&w=1045
- [19] http://ctaconnects.com/wp-content/uploads/2014/11/CTAHealth_Ottawa_connected.png
- [20] <http://www.wordstream.com/images/internet-of-things-adoption-prediction.jpg>
- [21] <https://image.slidesharecdn.com/ethintrosmartcity20131115m-131120040333-phpapp02/95/smart-city-many-applications-and-devices-4-638.jpg?cb=1384920740>
- [22] <https://tctechcrunch2011.files.wordpress.com/2014/04/shortcut.jpg>
- [23] <https://media.licdn.com/mpr/mpr/AEEAAQAAAAAAAAAkjAAAAJDZjYmY4YTFiLTU4YjgtNGQwOC04MTE4LWU0ZDYwNzVjNTA5ZA.jpg>
- [24] <http://zdnet1.cbsstatic.com/hub/i/2015/05/27/cc2ce657-6e83-45f0-ac96-f3f432d3b5bc/3a24e2de9869da8b0ce553273c8b5d12/iot-retail-graphic.png>
- [25] <http://www.thewhir.com/web-hosting-news/the-four-internet-of-things-connectivity-models-explained>
- [26] <https://image.slidesharecdn.com/buildingtheinternetofthingsaniotreferencemodel-141028123016-conversion-gate02/95/building-the-internet-of-things-an-iot-reference-model-3-638.jpg?cb=1414499479>
- [27] <https://www.computer.org/csdl/mags/so/2016/01/mso2016010112.pdf>
- [28] https://static1.squarespace.com/static/52a60bc7e4b00aedfa1f1c97/t/52aab444e4b04dd8c259b80b/1386918981582/Connected+Customer+Architecture_CC.png
- [29] <https://connectedtechnbiz.files.wordpress.com/2014/10/iot-heterogenous-technologies.jpg>
- [30] http://d3uifzcxlzuvqz.cloudfront.net/images/stories/content/handbooks/protocols/Simon_ford_arm_and_the_open_internet_of_things12.png
- [31] <https://e27.co/advantages-disadvantages-internet-things-20160615/>
- [32] <http://www.datamation.com/data-center/the-internet-of-things-7-challenges.html>

[33] <http://www.parature.com/internet-of-things/>